

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06139729 A**(43) Date of publication of application: **20 . 05 . 94**

(51) Int. Cl

**G11B 21/08**(21) Application number: **04290438**(22) Date of filing: **28 . 10 . 92**(71) Applicant: **SONY CORP**(72) Inventor: **ISHIOKA HIDEAKI**(54) **METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING HEAD**

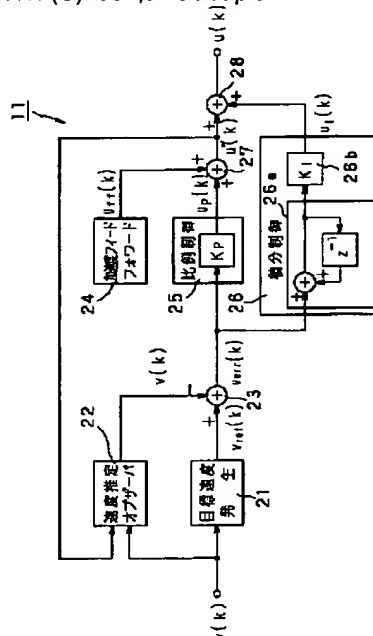
(57) Abstract:

**PURPOSE:** To improve the accuracy of follow up to a velocity profile by providing estimated velocity having a little error even when there is fluctuation or individual difference in the generated power of an actuator or external force, etc.

**CONSTITUTION:** A target velocity generation circuit 21 generates the target moving velocity of a head. A velocity estimation observer 22 generates the estimated velocity based on a present head position and a controlled variable  $u'(k)$ . An adder 23 calculates velocity error as difference between the target moving velocity and the estimated velocity. An acceleration feed forward circuit 24 generates a feed forward controlled variable corresponding to the acceleration of the target moving velocity. A proportional control circuit 25 generates a proportional controlled variable in proportion to the velocity error. An integration control circuit 26 generates an integration controlled variable in proportion to the integrated value of velocity error. An adder 27 generates the controlled variable  $u'(k)$  by adding the feed forward controlled variable and the proportional controlled variable. An adder 28 outputs a controlled variable  $u(k)$  corresponding to an actuator driving current by adding

the controlled variable  $u'(k)$  and the integrated controlled variable.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-139729

(43)公開日 平成6年(1994)5月20日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G11B 21/08

識別記号

庁内整理番号

H 8425-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2(全13頁)

(21)出願番号 特願平4-290438

(22)出願日 平成4年(1992)10月28日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 石岡 秀昭

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

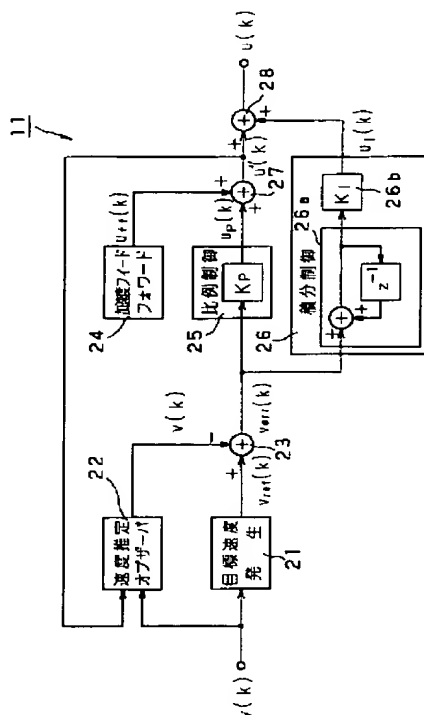
(74)代理人 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54)【発明の名称】 ヘッド制御方法及びヘッド制御装置

(57)【要約】

【構成】 目標速度発生回路21はヘッドの目標移動速度を生成する。速度推定オブザーバ22はヘッド現在位置と制御量 $u'(k)$ に基づいて推定速度を生成する。加算器23は目標移動速度と推定速度の差分である速度誤差を算出する。加速度フィードフォワード回路24は目標移動速度の加速度に対応したフィードフォワード制御量を生成する。比例制御回路25は速度誤差に比例した比例制御量を生成する。積分制御回路26は速度誤差の積分値に比例した積分制御量を生成する。加算器27はフィードフォワード制御量と比例制御量を加算して制御量 $u'(k)$ を生成する。加算器28は制御量 $u'(k)$ と積分制御量を加算して、アクチュエータ駆動電流に相当する制御量 $u(k)$ を出力する。

【効果】 アクチュエータの発生力の変動や個体差、外力等があっても、誤差が少ない推定速度が得られ、速度プロファイルに対する追従精度を向上できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 速度制御と位置制御を切り換えてシーク動作を行うディスク装置のヘッド制御方法において、ヘッドの現在位置に基づいてヘッドの目標移動速度を生成し、  
上記ヘッドの現在位置と第1の制御量に基づいてヘッド移動速度の推定値を生成し、  
上記目標移動速度の加速度に対応した第2の制御量を生成し、  
上記目標移動速度と上記推定値の差分を検出し、  
該差分に比例した第3の制御量を生成し、  
上記差分の積分値に比例した第4の制御量を生成し、  
上記第2の制御量と第3の制御量を加算して、上記第1の制御量を生成し、  
上記第2、第3及び第4の各制御量を加算し、  
該各制御量の加算値によりヘッドをディスクの径方向に駆動して、ヘッドの速度制御を行うことを特徴とするヘッド制御方法。

【請求項2】 速度制御と位置制御を切り換えてシーク動作を行うディスク装置のヘッド制御装置において、ヘッドの現在位置に基づいてヘッドの目標移動速度を生成する目標速度発生手段と、  
上記ヘッドの現在位置と第1の制御量に基づいてヘッド移動速度の推定値を生成する速度推定手段と、  
上記目標速度発生手段からの目標移動速度の加速度に対応した第2の制御量を生成する加速度フィードフォワード手段と、  
上記目標速度発生手段からの目標移動速度と上記速度推定手段からの推定値の差分を検出する速度差分検出手段と、  
該速度差分検出手段からの差分に比例した第3の制御量を生成する比例制御手段と、  
上記速度差分検出手段からの差分の積分値に比例した第4の制御量を生成する積分制御手段と、  
上記加速度フィードフォワード手段からの第2の制御量と上記比例制御手段からの第3の制御量を加算して、上記第1の制御量を生成する第1の加算手段と、  
上記加速度フィードフォワード手段からの第2の制御量、上記比例制御手段からの第3の制御量及び上記積分制御手段からの第4の制御量を加算する第2の加算手段とを備え、  
該第2の加算手段の出力により、ヘッドをディスクの径

$$v(k) = w(k) + L \times y(k)$$

【0007】なお、式1における $w(k)$ は、オブザーバ状態変数であり、位置検出タイミングと制御量出力タイミングにずれがないときは下記式2により求められ、ずれがあるときは下記式3により求められる。また、式2及び式3において、実施例で述べるように、 $u(k)$ は速度推定オブザーバ $v(k)$ より計算されたアクチュエ

$$w(k) = A \times w(k-1) + K \times y(k-1)$$

方向に駆動して、ヘッドの速度制御を行うことを特徴とするヘッド制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ヘッド制御方法及びヘッド制御装置に関し、特に磁気ディスク装置、光ディスク装置等のディスク装置において、ヘッドの現在位置と、ヘッドの駆動制御量から推定したヘッド移動速度とを用いて速度追従制御を行うヘッド制御方法及びヘッド制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】磁気ディスク装置、光磁気ディスク装置等のディスク装置（以下ディスクドライブという）において、トラック移動を伴うヘッドの位置決め（シーク動作）は、図6に示すように、通常目標トラックの近傍（時刻 $t_2$ ）までは目標移動速度曲線（以下速度プロファイルという）に追従させる速度制御を行い、その後（時刻 $t_2$ 以降）、位置制御に切り換えて目標トラックに位置決めするという手順で実行される。

【0003】上述の速度制御においてはヘッドの移動速度検出が必要となり、このヘッド移動速度の検出は、例えばプロセッサ等を用いたデジタル回路によりヘッド制御装置を構成する場合においては、ディスク上に記録されたサーボ情報より得られる位置信号の現サンプル時刻と前サンプル時刻における各値の差分に基づいて行われている。しかし、このようなヘッド移動速度の検出では、検出された速度に略1/2サンプル分の時間遅れが生じ、また、検出速度の $S/N$ が位置信号の $S/N$ により決定されてしまうという問題があった。

【0004】そこで、近年、ディスク上に記録されたサーボ情報より得られる位置信号と、ヘッドの制御量、すなわちヘッドをディスクの径方向に移動するためのアクチュエータの駆動電流とに基づいて、ヘッド移動速度を推定し（以下この推定されたヘッド移動速度を速度推定オブザーバという）、この速度推定オブザーバを用いて速度制御を行うようになっている。

【0005】すなわち、時刻 $k$ における上述の速度推定オブザーバ $v(k)$ は、位置信号の時刻 $k$ における値を $y(k)$ とし、オブザーバの設計パラメータを $L$ とすると、下記式1に示す演算により得られる。

## 【0006】

$$\cdots \text{式1}$$

\*エータ駆動電流に相当する制御量であり、 $A$ 、 $K$ 、 $B$ 、 $B1$ 、 $B2$ は、それぞれ制御対象の伝達関数、サンプリング周期（ $B1$ 、 $B2$ については制御量出力ディレイ時間も含む）及びオブザーバ設計パラメータ $L$ により決定される係数である。

## 【0008】

$$+B \times u(k-1)$$

【0009】

$$w(k) = A \times w(k-1) + K \times y(k-1)$$

$$+ B1 \times u(k-1) + B2 \times u(k-2) \quad \dots \text{式3}$$

【0010】そして、このようにして得られる速度推定オブザーバ $v(k)$ をヘッド移動速度として用いて速度制御を行うことにより、上述の位置信号の差分に基づいたヘッド移動速度を用いる場合に比して、加速度に相当する制御量 $u(k)$ （アクチュエータ駆動電流）の情報も使用していることから検出速度に時間遅れが生じない、また、係数 $A$ はオブザーバ設計パラメータ $L$ により $0 \leq A < 1$ の範囲で自由に設定可能であり、これは位置信号に対して $LPF$ として作用するため、検出速度の $S/N$ を向上させることができるという利点がある。

【0011】なお、制御量 $u(k)$ は、アクチュエータ駆動電流そのものであるが、電流検出のためにはアナログ回路を設けることが必要となり、装置が複雑となるため、通常はプロセッサ内で計算したデータで置き換えている。

【0012】具体的には、速度推定オブザーバ $v(k)$ を用いたヘッド制御装置の速度制御部は、図7に示すように、ヘッドの現在位置（以下ヘッド現在位置という） $y(k)$ に基づいてヘッドの目標移動速度 $v_{ref}(k)$ を生成する目標速度発生回路31と、ヘッド現在位置 $y(k)$ と制御量 $u(k)$ に基づいて速度推定オブザーバ $v(k)$ を生成する速度推定オブザーバ32と、上記目標速度発生回路31からの目標移動速度 $v_{ref}(k)$ と上記速度推定オブザーバ32からの速度推定オブザーバ $v(k)$ の差分である速度誤差 $v_{err}(k)$ を算出する加算器33と、上記目標速度発生回路31からの目標移動速度 $v_{ref}(k)$ の加速度に対応した制御量（以下フィードフォワード制御量という）を生成する加速度フィードフォワード回路34と、上記加算器33からの速度誤差 $v_{err}(k)$ に比例した制御量（以下比例制御量という）を生成する比例制御回路35と、上記加算器33からの速度誤差 $v_{err}(k)$ の積分値に比例した制御量（以下積分制御量という）を生成する積分制御回路36と、上記加速度フィードフォワード回路34からのフィードフォワード制御量、比例制御回路35からの比例制御量及び積分制御回路36の積分制御量を加算して、加算値を制御量 $u(k)$ として出力する加算器37と備える。

【0013】そして、目標速度発生回路31は、ヘッド現在位置 $y(k)$ と目標トラックの位置偏差に基づいて目標移動速度 $v_{ref}(k)$ を出力する。例えば、目標速度発生回路31は、位置偏差の平方根に比例した目標移動速度 $v_{ref}(k)$ を予め記憶したメモリからなり、ヘッド現在位置 $y(k)$ が入力されると、目標移動速度 $v_{ref}(k)$ を読み出して、この目標移動速度 $v_{ref}(k)$ を加算器33に供給する。

4  
・・・式2

【0014】速度推定オブザーバ32は、ヘッド現在位置 $y(k)$ と、加算器37から供給される制御量 $u(k)$ とに基づいて、速度推定オブザーバ $v(k)$ を出力する。具体的には上述の式1により、速度推定オブザーバ $v(k)$ を算出し、この速度推定オブザーバ $v(k)$ を加算器33に供給する。

【0015】加算器33は、目標速度発生回路31、速度推定オブザーバ32からそれぞれ供給される目標移動速度 $v_{ref}(k)$ と速度推定オブザーバ $v(k)$ の差分である速度誤差 $v_{err}(k)$ を算出し、この速度誤差 $v_{err}(k)$ を比例制御回路35及び積分制御回路36に供給する。

【0016】加速度フィードフォワード回路34は、目標移動速度 $v_{ref}(k)$ が時間と共に変化することによる定常偏差の発生を防止するためのものであり、目標速度発生回路31から出力される目標移動速度 $v_{ref}(k)$ の加速度に対応したフィードフォワード制御量を発生する。例えば、目標移動速度 $v_{ref}(k)$ が位置偏差の平方根に比例して与えられる場合は、フィードフォワード制御量は一定値となる。

【0017】比例制御回路35及び積分制御回路36は、加速度フィードフォワード制御のみではオープンループであるために速度追従誤差が発生し、その誤差分を補償するために設けられたフィードバック制御回路であり、比例制御回路35は、加算器33から供給される速度誤差 $v_{err}(k)$ に比例した比例制御量を生成する。

【0018】一方、積分制御回路36は、制御対象のパラメータ変動や外力の影響により発生する定常速度誤差を除去するためのものであり、上述の図7に示すように積分器36aと乗算器36bからなり、加算器33から供給される速度誤差 $v_{err}(k)$ の積分値に比例した積分制御量を生成する。

【0019】加算器37は、加速度フィードフォワード回路34から供給されるフィードフォワード制御量、比例制御回路35から供給される比例制御量及び積分制御回路36から供給される積分制御量を加算し、得られる加算値を制御量 $u(k)$ 、すなわちアクチュエータ駆動電流として出力すると共に、この制御量 $u(k)$ を速度推定オブザーバ32に供給する。

【0020】かくして、ヘッド移動速度は目標移動速度 $v_{ref}(k)$ 、すなわち速度プロファイルに追従するように制御される。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述したヘッド制御装置を用いて速度制御を行うと、以下のような問題点が発生する。

【0022】速度推定オブザーバ32(式1で与えられる)においては、アクチュエータ駆動電流である制御量  $u(k)$  が、ヘッドの加速度  $a(k)$  に一意に対応づけ\*

$$a(k) = K_f \times u(k)$$

ただし、 $K_f$  は制御対象の加速度定数(設計値)である。

【0024】しかし、アクチュエータの発生力の場所による変動や個体差、外力(外力補正回路を別に設ける場合※

$$a'(k) = (K_f + \Delta K_f) \times u(k) + d \quad \dots \text{式5}$$

【0026】したがって、式4と式5との差が速度推定オブザーバ32におけるモデル化誤差となるため、速度推定オブザーバ  $v(k)$  に誤差が生じるのに対し、比例制御回路35、積分制御回路36により構成されるフィードバック制御回路は、目標移動速度  $v_{ref}(k)$  と速度推定オブザーバ  $v(k)$  の速度誤差  $v_{err}(k)$  が零となるように作用する。この結果、実際のヘッド移動速度は、目標移動速度  $v_{ref}(k)$ 、すなわち速度プロファイルに対して速度推定オブザーバ32での推定誤差分だけ速度偏差をもって追従することになり、速度追従性能に限界を生ずるという問題点がある。

【0027】本発明は、上述の問題点を鑑み、アクチュエータの発生力の変動や個体差、外力(外力補正回路を別に設ける場合には、その取り残り分)等がある場合においても、ヘッド移動速度を速度プロファイルに対してほとんど誤差無く追従させることのでき、高い速度追従性能を持ったヘッド制御方法及びヘッド制御装置を提供することを目的としている。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明に係るヘッド制御方法は、速度制御と位置制御を切り換えてシーク動作を行うディスク装置のヘッド制御方法において、ヘッドの現在位置に基づいてヘッドの目標移動速度を生成し、上記ヘッドの現在位置と第1の制御量に基づいてヘッド移動速度の推定値を生成し、上記目標移動速度の加速度に対応した第2の制御量を生成し、上記目標移動速度と上記推定値の差分を検出し、該差分に比例した第3の制御量を生成し、上記差分の積分値に比例した第4の制御量を生成し、上記第2の制御量と第3の制御量を加算して、上記第1の制御量を生成し、上記第2、第3及び第4の各制御量を加算し、該各制御量の加算値によりヘッドをディスクの径方向に駆動して、ヘッドの速度制御を行うことを特徴とする。

【0029】また、本発明に係るヘッド制御装置は、速度制御と位置制御を切り換えてシーク動作を行うディスク装置のヘッド制御装置において、ヘッドの現在位置に基づいてヘッドの目標移動速度を生成する目標速度発生手段と、上記ヘッドの現在位置と第1の制御量に基づいてヘッド移動速度の推定値を生成する速度推定手段と、上記目標速度発生手段からの目標移動速度の加速度に対応した第2の制御量を生成する加速度フィードフォワー

\*られること、すなわち、下記式4の関係が成り立つことを前提としている。

【0023】

・・・式4

※合には、その取り残り分)により発生する加速度分等があるため、実際のヘッド加速度  $a'(k)$  は、下記式5となる。

【0025】

・・・式5

ド手段と、上記目標速度発生手段からの目標移動速度と上記速度推定手段からの推定値の差分を検出する速度差分検出手段と、該速度差分検出手段からの差分に比例した第3の制御量を生成する比例制御手段と、上記速度差分検出手段からの差分の積分値に比例した第4の制御量を生成する積分制御手段と、上記加速度フィードフォワード手段からの第2の制御量と上記比例制御手段からの第3の制御量を加算して、上記第1の制御量を生成する第1の加算手段と、上記加速度フィードフォワード手段からの第2の制御量、上記比例制御手段からの第3の制御量及び上記積分制御手段からの第4の制御量を加算する第2の加算手段とを備え、該第2の加算手段の出力により、ヘッドをディスクの径方向に駆動して、ヘッドの速度制御を行うことを特徴とする。

【0030】

【作用】本発明では、目標移動速度の加速度に対応した第2の制御量、目標移動速度とヘッド移動速度の推定値の差分に比例した第3の制御量及び差分の積分値に比例した第4の制御量を加算し、この加算値によりヘッドをディスクの径方向に駆動して、ヘッドの速度制御を行う際に、ヘッド移動速度の推定値をヘッドの現在位置と、第2の制御量と第3の制御量を加算した第1の制御量とに基づいて生成する。

【0031】

【実施例】以下、本発明に係るヘッド制御方法及びヘッド制御装置の実施例について図面を参照しながら説明する。図1は、本発明を適用したヘッド制御装置の要部の回路構成を示すブロック図であり、図2は、上記ヘッド制御装置を採用した磁気ディスク装置の回路構成を示すブロック図である。

【0032】まず、磁気ディスク装置全体について説明する。この磁気ディスク装置は、例えば図2に示すように、磁気ディスク1にデータを記録し、また記録されたデータを再生するための磁気ヘッド2と、該磁気ヘッド2をディスクの径方向に駆動するボイスコイルモータ

(以下VCMという)3と、上記磁気ディスク1を回転駆動するスピンドルモータ4と、上記磁気ヘッド2で再生された再生信号等を増幅する再生増幅回路5と、該再生増幅回路5で増幅された再生信号から位置信号を生成する位置信号生成回路6と、該位置信号生成回路6からの位置信号に基づいて、上記磁気ヘッド2のディスク径

方向の移動速度及びその位置を制御するアクチュエータ駆動電流に対応するデータ（以下単にアクチュエータ駆動電流という）を生成するヘッド制御装置10と、該ヘッド制御装置10からのアクチュエータ駆動電流をアナログ信号に変換するディジタル／アナログ変換器（以下D/Aコンバータという）7と、該D/Aコンバータ7でアナログ信号に変換されたアクチュエータ駆動電流を増幅して、上記VCM3を駆動する駆動アンプ8とを備える。

【0033】そして、スピンドルモータ4により回転駆動される磁気ディスク1には予めサーボパターンが記録されており、磁気ヘッド2がこのサーボパターンを再生した信号に基づいて、磁気ヘッド2のトラックに対する相対変位である位置信号を再生し、この位置信号に基づいて、D/Aコンバータ7及び駆動アンプ8を介してVCM3を駆動することにより、磁気ヘッド2を目標トラックに位置決めするようになっている。

【0034】具体的には、再生増幅回路5は、上述の図1に示すように、記録アンプと再生アンプ等からなるR/Wアンプ5a、該R/Wアンプ5aで増幅された再生信号を等化する等化器5b、該等化器5bで等化された再生信号の包絡線を検出する包絡線検出器5c、該包絡線検出器5cで検出された再生信号の包絡線を積分する積分器5d等を備え、R/Wアンプ5aは磁気ヘッド2によって再生された再生信号を増幅し、等化器5bは増幅された再生信号の波形等化を行う。包絡線検出器5cは波形等化された再生信号の包絡線を検出し、積分器5dはこの再生信号の包絡線を積分する。

【0035】位置信号生成回路6は、上述の図1に示すように、上記等化器5bで波形等化された再生信号からトラック番号を再生するトラックアドレスデコーダ6aと、上記積分器5dの出力をディジタル信号に変換するA/Dコンバータ6bと、上記トラックアドレスデコーダ6aからのトラック番号と上記A/Dコンバータ6bの出力に基づいて、位置信号を生成するポジション発生器6cとを備え、この位置信号生成回路6は、磁気ディスク1に記録されているサーボパターンを再生した再生信号からトラック番号を再生すると共に、このトラック番号と再生信号の包絡線を積分した積分値に基づいて、磁気ヘッド2の位置を表す位置信号を生成する。

【0036】ヘッド制御装置10は、上述の図1に示すように、上記磁気ヘッド2を目標トラックの近傍まで目標移動速度曲線（以下速度プロファイルという）に追従させる速度制御を行う速度制御部11とその後、上記磁気ヘッド2を目標トラックに位置決めする制御を行う位置制御部12と、上記速度制御部11の出力と上記位置制御部12の出力を切り換え選択し、アクチュエータ駆動電流を出力する切換スイッチ13とを備える。

【0037】そして、このヘッド制御装置10は、トラック移動を伴うヘッドの位置決め（シーク動作）を行う

際に、従来の技術で述べたように（図6参照）、目標トラックの近傍（時刻 $t_2$ ）までは速度プロファイルに磁気ヘッド2を追従させる速度制御を行い、その後（時刻 $t_2$ 以降）、位置制御に切り換えて目標トラックに磁気ヘッド2を位置決めする制御を行う。

【0038】すなわち、速度制御部11は、速度制御期間において後述するように、ヘッド移動速度の推定値に基づいてアクチュエータ駆動電流を出力し、位置制御部12は、所謂PID補償回路、位相進み補償回路等から構成され、位置制御期間においてアクチュエータ駆動電流を出力し、切換スイッチ13は、磁気ヘッド2の目標トラックまで距離に応じて制御され、速度制御部11の出力と速度制御部12の出力の一方を選択する。

【0039】また、ヘッド制御装置10は、上述の図1に示すように、上記位置信号生成回路6からのトラック番号に基づいて、外力を補償するためのデータ（以下単に外力補正量という）を生成する外力補正部14と、上記切換スイッチ13で選択されたアクチュエータ駆動電流に上記外力補正部14からの外力補正量を加算する加算器15とを備え、外力補正部14は、フレキシブルケーブル等から受ける外力を補償するためのものであり、例えばトラック番号に対する外力補正量が予め記憶されており、位置信号生成回路6から供給されるトラック番号により外力補正量が読み出される。加算器15は、この外部補正量を、切換スイッチ13によって選択されたアクチュエータ駆動電流に加算し、外部補正量が加算されたアクチュエータ駆動電流をD/Aコンバータ7に供給する。なお、これらの外力補正部14と加算器15は、必要に応じて設けられるものであり、必ずしも必要とはされない。また、ポジション発生器6c～加算器15は、例えば1個のプロセッサで構成するようにしてもよい。

【0040】D/Aコンバータ7は、加算器15から供給されるアクチュエータ駆動電流（データ）をアナログ信号に変換し、駆動アンプ8を介してVCM3に供給する。かくして、磁気ヘッド2がディスクの径方向に駆動制御される。

【0041】つぎに、位置信号生成回路6から供給される位置信号の時刻 $k$ における値を $y(k)$ として、速度制御部11の詳細について説明する。速度制御部11は、例えば図1に示すように、上記位置信号生成回路6からの磁気ヘッド2の現在位置（以下ヘッド現在位置という） $y(k)$ に基づいて磁気ヘッド2の目標移動速度 $v_{ref}(k)$ を生成する目標速度発生回路21と、上記位置信号生成回路6からのヘッド現在位置 $y(k)$ と、後述する制御量 $u'(k)$ とに基づいて、ヘッド移動速度の推定値（以下速度推定オブザーバという） $v(k)$ を生成する速度推定オブザーバ22と、上記目標速度発生回路21からの目標移動速度 $v_{ref}(k)$ と上記速度推定オブザーバ22からの速度推定オブザーバ $v(k)$ の

差分である速度誤差  $v_{err}(k)$  を算出する加算器 23 と、上記目標速度発生回路 21 からの目標移動速度  $v_{ref}(k)$  の加速度に対応した制御量（以下フィードフォワード制御量という）を生成する加速度フィードフォワード回路 24 と、上記加算器 23 からの速度誤差  $v_{err}(k)$  に比例した制御量（以下比例制御量という）を生成する比例制御回路 25 と、上記加算器 23 からの速度誤差  $v_{err}(k)$  の積分値に比例した制御量（以下積分制御量）を生成する積分制御回路 26 と、上記加速度フィードフォワード回路 24 からのフィードフォワード制御量と比例制御回路 25 からの比例制御量を加算して制御量  $u'(k)$  を生成し、この制御量  $u'(k)$  を上記速度推定オブザーバ 22 等へ供給する加算器 27 と、該加算器 27 からの制御量  $u'(k)$  と上記積分制御回路 26 からの積分制御量を加算して、アクチュエータ駆動電流に相当する制御量  $u(k)$  を出力する加算器 28 と備える。

【0042】そして、目標速度発生回路 21 は、ヘッド現在位置  $y(k)$  と目標トラックの位置偏差に基づいて目標移動速度  $v_{ref}(k)$  を出力する。例えば従来技術\*20

$$A = 1 - LT \quad \dots \text{式6}$$

【0045】

$$K = -L^2 \times T \quad \dots \text{式7}$$

【0046】

$$B = Kf \times T - L \times Kf \times T^2 / 2 \quad \dots \text{式8}$$

【0047】

$$A = 1 - LT \quad \dots \text{式9}$$

【0048】

$$K = -L^2 \times T \quad \dots \text{式10}$$

【0049】

$$B1 = Kf \times T^2 - L \times Kf \times T^2 / 2 \quad \dots \text{式11}$$

【0050】

$$B2 = Kf \times T1 - L \times Kf \times (T1^2 / 2 + T1 \times T2) \quad \dots \text{式12}$$

【0051】なお、上述の式6～式12において、 $Kf$  は制御対象の加速度定数（設計値）、 $T$  はサンプリング周期、 $T1$  は制御量出力ディレイ時間、 $T2$  は  $(T - T1)$  であり、オブザーバ設計パラメータ  $L$  は、位置信号の  $S/N$  を考慮して  $0 \leq A < 1$ 、すなわち  $0 < L \leq 1/T$  の範囲内で選択される。

【0052】加算器 23 は、目標速度発生回路 21、速度推定オブザーバ 22 からそれぞれ供給される目標移動速度  $v_{ref}(k)$  と速度推定オブザーバ  $v(k)$  の差分である速度誤差  $v_{err}(k)$  を算出し、この速度誤差  $v_{err}(k)$  を比例制御回路 25 及び積分制御回路 26 に供給する。

【0053】加速度フィードフォワード回路 24 は、目標移動速度  $v_{ref}(k)$  が時間と共に変化することによる定常偏差の発生を防止するためのものであり、目標速度発生回路 21 から出力される目標移動速度  $v$

\*で述べたように、目標速度発生回路 21 は、位置偏差の平方根に比例した目標移動速度  $v_{ref}(k)$  を予め記憶したメモリからなり、ヘッド現在位置  $y(k)$  が入力されると、目標移動速度  $v_{ref}(k)$  を読み出して、この目標移動速度  $v_{ref}(k)$  を加算器 23 に供給する。

【0043】速度推定オブザーバ 22 は、ヘッド現在位置  $y(k)$  と、加算器 27 から供給される制御量  $u'(k)$  とに基づいて、速度誤差  $v_{err}(k)$  を出力する。具体的には、従来の技術で述べたように式1により、速度推定オブザーバ  $v(k)$  を算出し、この速度推定オブザーバ  $v(k)$  を加算器 23 に供給する。なお、速度制御時のように制御対象が比較的高速に移動し、純慣性系とみなせる場合においては、従来の技術で述べた式2、式3における係数  $A$ 、 $K$ 、 $B$ 、 $B1$ 、 $B2$  は、位置検出タイミングと制御量出力タイミングにずれがないときはそれぞれ下記式6～式8により求められ、ずれがあるときはそれぞれ下記式9～式12により求められる。

【0044】

$v_{ref}(k)$  の加速度に対応したフィードフォワード制御量を発生する。例えば、目標移動速度  $v_{ref}(k)$  が位置偏差の平方根に比例して与えられる場合は、フィードフォワード制御量は一定値となる。

【0054】比例制御回路 25 及び積分制御回路 26

は、加速度フィードフォワード制御のみではオープンループであるために速度追従誤差が発生し、その誤差分を補償するために設けられたフィードバック制御回路であり、比例制御回路 25 は、加算器 23 から供給される速度誤差  $v_{err}(k)$  に比例した比例制御量を生成する。

【0055】一方、積分制御回路 26 は、制御対象のパラメータ変動や外力の影響により発生する定常速度誤差を除去するためのものであり、上述の図1に示すように積分器 26a と乗算器 26b からなり、加算器 23 から供給される速度誤差  $v_{err}(k)$  の積分値に比例した積分制御量を生成する。

【0056】加算器27は、加速度フィードフォワード回路24から供給されるフィードフォワード制御量と比例制御回路25から供給される比例制御量を加算し、得られる加算値を制御量 $u'(k)$ として速度推定オブザーバ22及び加算器28に供給する。

【0057】加算器28は、加算器27から供給される制御量 $u'(k)$ と積分制御回路26から供給される積分制御量を加算し、得られる加算値を制御量 $u(k)$ 、すなわちアクチュエータ駆動電流として出力する。

【0058】かくして、ヘッド移動速度は目標移動速度 $v_{ref}(k)$ 、すなわち速度プロファイルに追従するように制御される。

【0059】ところで、従来の装置の速度制御部(図7参照)においては、加速度フィードフォワード回路34からのフィードフォワード制御量、比例制御回路35からの比例制御量及び積分制御回路36からの積分制御量を加算して得られる制御量 $u(k)$ を速度制御部の出力とすると共に、この制御量 $u(k)$ を速度推定オブザーバ32における速度推定オブザーバ $v(k)$ の計算に使用している。これに対して、本実施例では、加速度フィードフォワード回路24からのフィードフォワード制御量と比例制御回路25からの比例制御量を加算して制御量 $u'(k)$ をまず求め、その後、この制御量 $u'(k)$ と積分制御回路26からの積分制御量を加算して制御量 $u(k)$ 求め、この制御量 $u(k)$ を速度制御部11の出力とすると共に、制御量 $u'(k)$ を速度推定オブザーバ22における速度推定オブザーバ $v(k)$ の計算に使用している。

【0060】ここで、シーク動作を行うときの速度制御部11の具体的な動作について説明する。速度制御部11は、従来の技術で述べた図6に示すように、シーク動作を行う際にヘッドが目標トラックの近傍に到達するまで動作するが、この速度制御期間は、さらにヘッド移動速度が速度プロファイルの速度に到達するまでの加速制御期間と、その後の目標速度追従制御期間とに分けられる。

【0061】加速制御期間において、比例制御回路25及び積分制御回路26は動作せず、この速度制御部11は、加速度フィードフォワード回路24から供給される\*

$$a_{prof}(k) = K_f \times u_{ff}(k) \quad \dots \text{式13}$$

【0066】

$$a_{ff}(k) = (K_f + \Delta K_f) \times u_{ff}(k) + d \quad \dots \text{式14}$$

【0067】目標速度追従制御に切り換わって一定時間経過した後の積分制御量 $u_i(k)$ は下記式15により※

$$u_i(k) = -(\Delta K_f \times u_{ff}(k) + d) / (K_f + \Delta K_f) \quad \dots \text{式15}$$

【0069】したがって、アクチュエータ駆動電流である制御量 $u(k)$ による実際のヘッド加速度 $a'(k)$ は★

$$\begin{aligned} a'(k) &= (K_f + \Delta K_f) \times u(k) + d \\ &= (K_f + \Delta K_f) \times (u'(k) + u_i(k)) + d \end{aligned}$$

\*フィードフォワード制御量のみによって制御を行うオープンループの定常電流駆動として動作し、加速度フィードフォワード回路24は、例えば図3のように、時刻 $t_1$ までは最大加速度 $u_{max}$ を発生する。なお、速度制御部11を、比例制御回路25から供給される比例制御量のみを用いた閉ループ制御で動作させるときは、加速度フィードフォワード回路24は、例えば図4に示すように、時刻 $t_1$ までは加速度0を発生する。

【0062】一方、目標速度追従制御期間においては、加速度フィードフォワード回路24、比例制御回路25、積分制御回路26の全てが動作し、速度制御部11は、速度推定オブザーバ22における計算で使用する制御量として、加速度フィードフォワード回路24から供給されるフィードフォワード制御量と比例制御回路26から供給される比例制御量の和である制御量 $u'(k)$ を使用する。このとき、加速度フィードフォワード回路24は、上述の図3あるいは図4に示すように、時刻 $t_1 \sim$ 時刻 $t_2$ において加速度 $-u_{prof}$ を発生する。

【0063】ところで、加速度フィードフォワード回路24からのフィードフォワード制御量を $u_{ff}(k)$ とし、比例制御回路25からの比例制御量を $u_p(k)$ とし、積分制御回路26からの積分制御量を $u_i(k)$ とすると、上述の制御量 $u'(k)$ はフィードフォワード制御量と比例制御量の和( $=u_{ff}(k) + u_p(k)$ )となり、上述の制御量 $u(k)$ はフィードフォワード制御量、比例制御量及び積分制御量の和( $=u_{ff}(k) + u_p(k) + u_i(k)$ )となる。また、目標速度追従制御に切り換わって一定時間経過した後の積分制御量 $u_i(k)$ は、アクチュエータの加速度定数の設計値からのずれ( $\Delta K_f$ )や外力(外力補正回路を別に設ける場合には、その取り残り分) $d$ の影響による速度プロファイルの加速度 $a_{prof}(k)$ からのフィードフォワード制御量 $u_{ff}(k)$ のみによる実際の発生加速度 $a_{ff}(k)$ のずれ分を補償する成分とほぼみなすことができる。

【0064】そして、加速度 $a_{prof}(k)$ と加速度 $a_{ff}(k)$ はそれぞれ下記式13、式14と表されることから、

【0065】

※求められる。

【0068】

★下記式16により求められる。

【0070】



$$\begin{aligned}
 & \approx (Kf + \Delta Kf) \times u'(k) + d \\
 & \quad - (\Delta Kf \times u_{ff}(k) + d) \\
 & = Kf \times u'(k) + \Delta Kf \times u_P(k) \quad \dots \text{式16}
 \end{aligned}$$

【0071】ところで、ヘッド移動速度が速度プロファイルに対してほぼ追従している状態では、速度偏差 $\approx 0$ であるので、比例制御量 $u_P(k)$ はフィードフォワード制御量 $u_{ff}(k)$ に比べて十分小さく、下記式17が\*

$$\Delta Kf \times u_P(k) \ll Kf \times u'(k) \quad \dots \text{式17}$$

【0073】

$$a'(k) \approx Kf \times u'(k)$$

・・・式18

【0074】すなわち、実際のヘッド加速度 $a'(k)$ は、加速度定数の設計値 $Kf$ と、アクチュエータ駆動電流である制御量 $u(k)$ から積分制御回路26の出力である比例制御量 $u_P(k)$ を除いた制御量 $u'(k)$ との積により得ることができる。

【0075】かくして、速度推定オブザーバ22における制御対象の加速度定数として設計値 $Kf$ を用い、アクチュエータ駆動電流である制御量 $u(k)$ から積分制御回路26の出力である積分制御量 $u_I(k)$ を除いた制御量 $u'(k)$ を速度推定計算に用いるようにすれば、目標速度追従制御期間において、ほとんど誤差のない推定速度(速度推定オブザーバ $v(k)$ )を得ることができ、ヘッドの目標移動速度 $v_{ref}(k)$ 、すなわち速度プロファイルに対する追従精度を向上させることができる。換言すると、目標速度追従制御期間において、アクチュエータの発生力の変動や個体差、外力(外力補正回路を別に設ける場合には、その取り残り分)等がある場合においても、ほとんど誤差のない推定速度を得ることができ、したがって、ヘッド移動速度の速度プロファイルに対する追従精度を向上させることができる。また、本発明は、従来の装置に対して簡単な変更のみで実現することができる。

【0076】なお、本発明は上述の実施例に限定されるものではなく、例えば図5に示すように、加速度フィードフォワード回路24からのフィードフォワード制御量 $u_{ff}(k)$ 、比例制御回路25からの比例制御量 $u_P(k)$ 及び積分制御回路26からの積分制御量 $u_I(k)$ を加算して得られる制御量 $u(k)$ を速度制御部11の出力とすると共に、新たに加算器29を設けて、制御量 $u(k)$ から積分制御回路26からの積分制御量 $u_I(k)$ を減算して制御量 $u'(k)$ を求め、速度推定オブザーバ22における計算にはこの制御量 $u'(k)$ を使用するようにしてもよい。また、上述の実施例では、本発明を磁気ディスク装置に適用しているが、光ディスク装置等に適用しても、同様の効果を得ることができる。

【0077】

【発明の効果】以上の説明で明らかなように、本発明を適用したヘッド制御方法及びヘッド制御装置では、目標移動速度の加速度に対応した第2の制御量、目標移動速

\*成立することから、上記式16における第2項は無視することができ、実際のヘッド加速度 $a'(k)$ は下記式18により求められる。

【0072】

度とヘッド移動速度の推定値の差分に比例した第3の制御量及び差分の積分値に比例した第4の制御量を加算し、この加算値によりヘッドをディスクの径方向に駆動して、ヘッドの速度制御を行う際に、ヘッド移動速度の推定値をヘッドの現在位置と、第2の制御量と第3の制御量を加算した第1の制御量とに基づいて生成することにより、例えばヘッドをディスクの径方向に駆動するアクチュエータの発生力の変動や個体差、外力(外力補正回路を別に設ける場合には、その取り残り分)等がある場合においても、ほとんど誤差のないヘッド移動速度の推定値を得ることができ、したがって、ヘッド移動速度の目標移動速度曲線(速度プロファイル)に対する追従精度を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用したヘッド制御装置の要部の具体的な回路構成を示すブロック図である。

【図2】上記ヘッド制御装置を用いた磁気ディスク装置の要部の回路構成を示すブロック図である。

【図3】上記ヘッド制御装置を構成する加速度フィードフォワード回路の出力例を示す図である。

【図4】上記加速度フィードフォワード回路の他の出力例を示す図である。

【図5】本発明を適用したヘッド制御装置の要部の他の具体的な回路構成を示すブロック図である。

【図6】シーク動作の動作を説明するための速度プロファイルを示す図である。

【図7】従来のヘッド制御装置を構成する速度制御部の回路構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

- 1・・・磁気ディスク
- 2・・・磁気ヘッド
- 3・・・VCM
- 6・・・位置信号生成回路
- 10・・・ヘッド制御装置
- 11・・・速度制御部
- 12・・・位置制御部
- 13・・・切換スイッチ
- 21・・・目標速度生成回路
- 22・・・速度推定オブザーバ
- 23・・・加算器

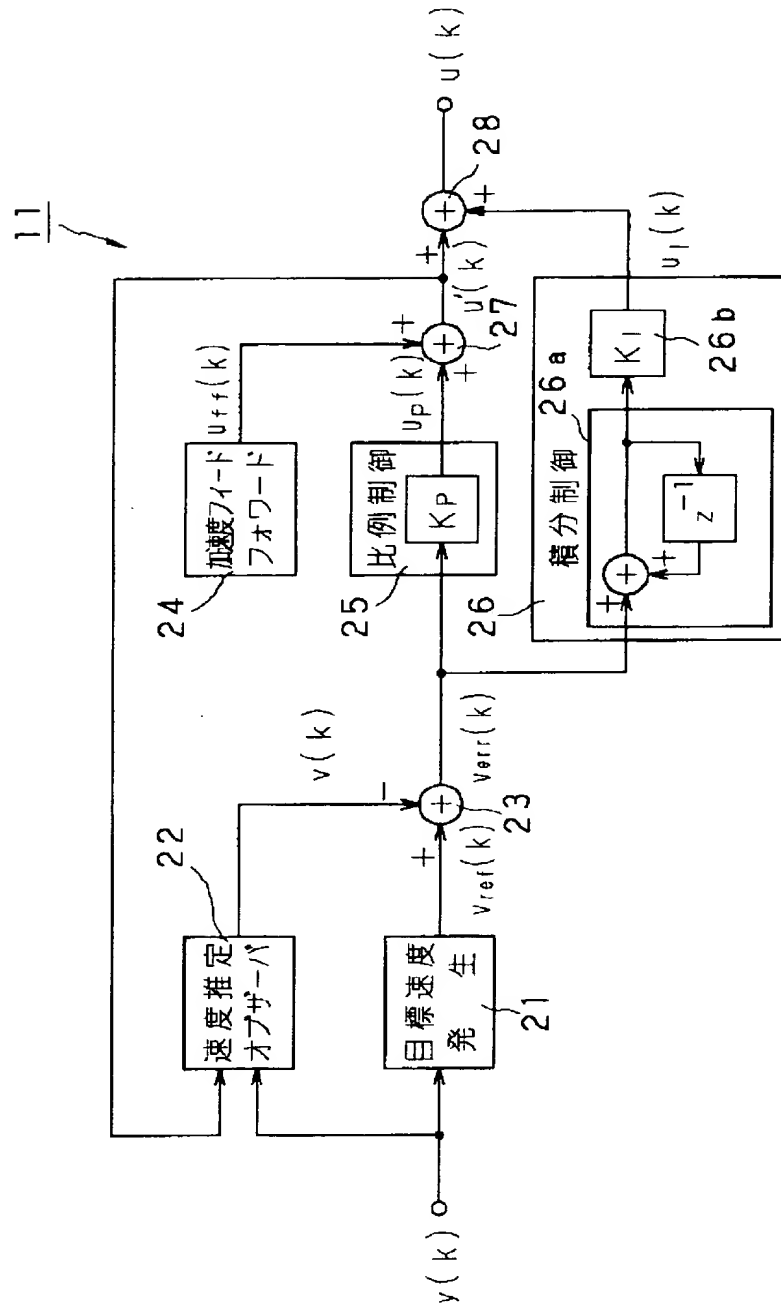
24・・・加速度フィードフォワード回路

26・・・積分制御回路

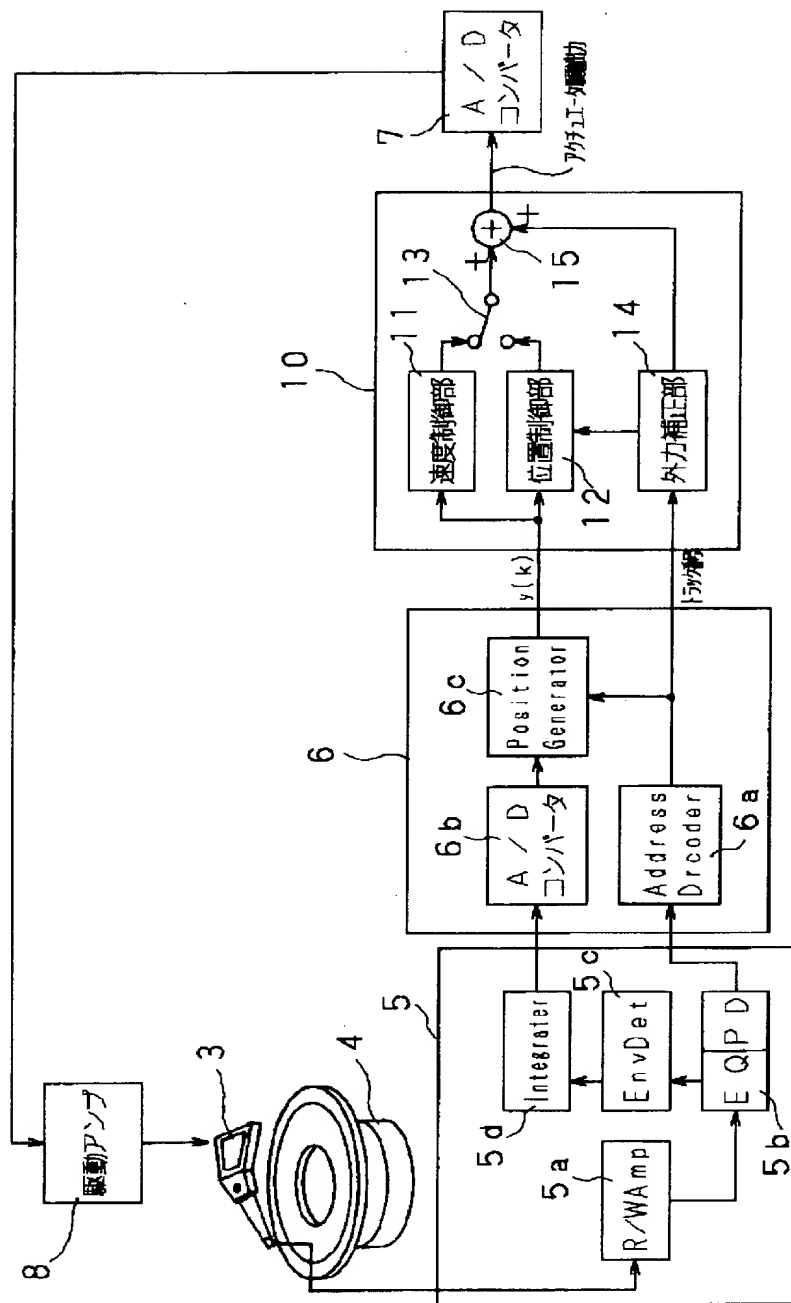
25・・・比例制御回路

27、28・・・加算器

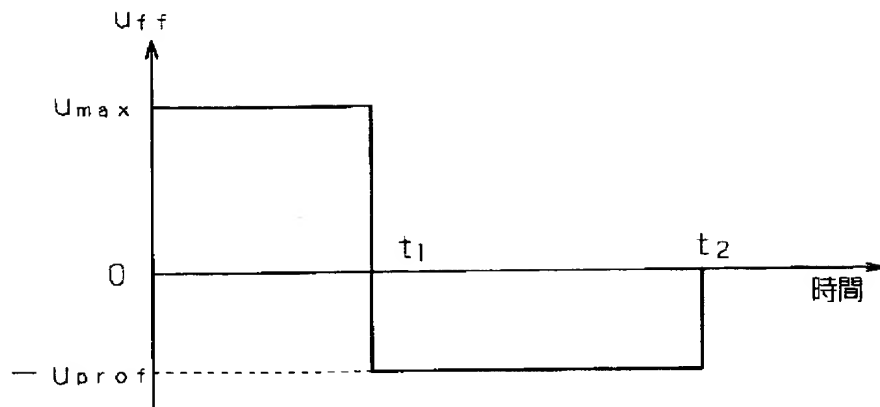
【図1】



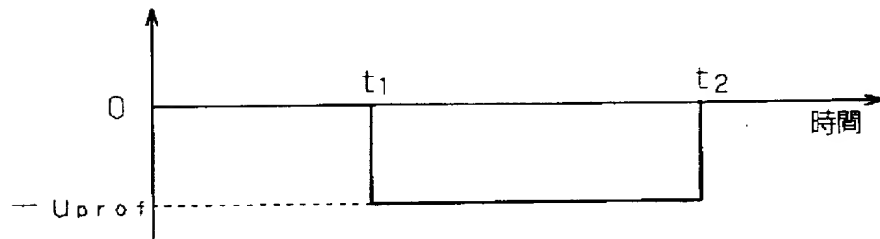
【図2】



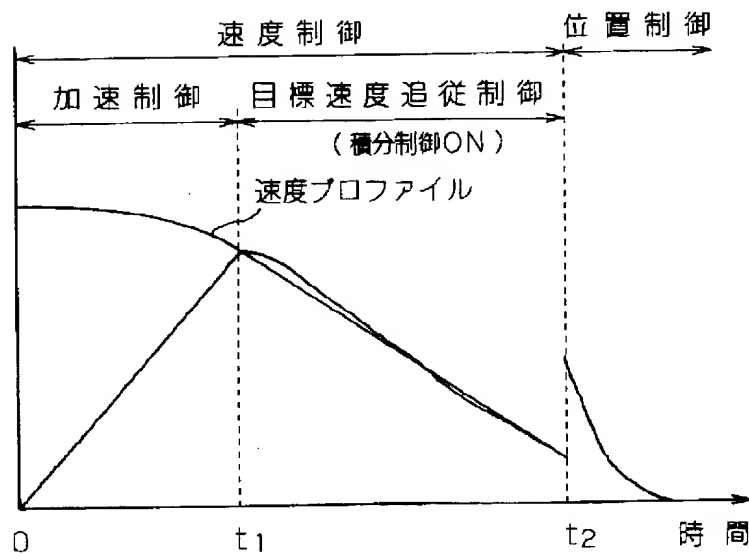
【図3】



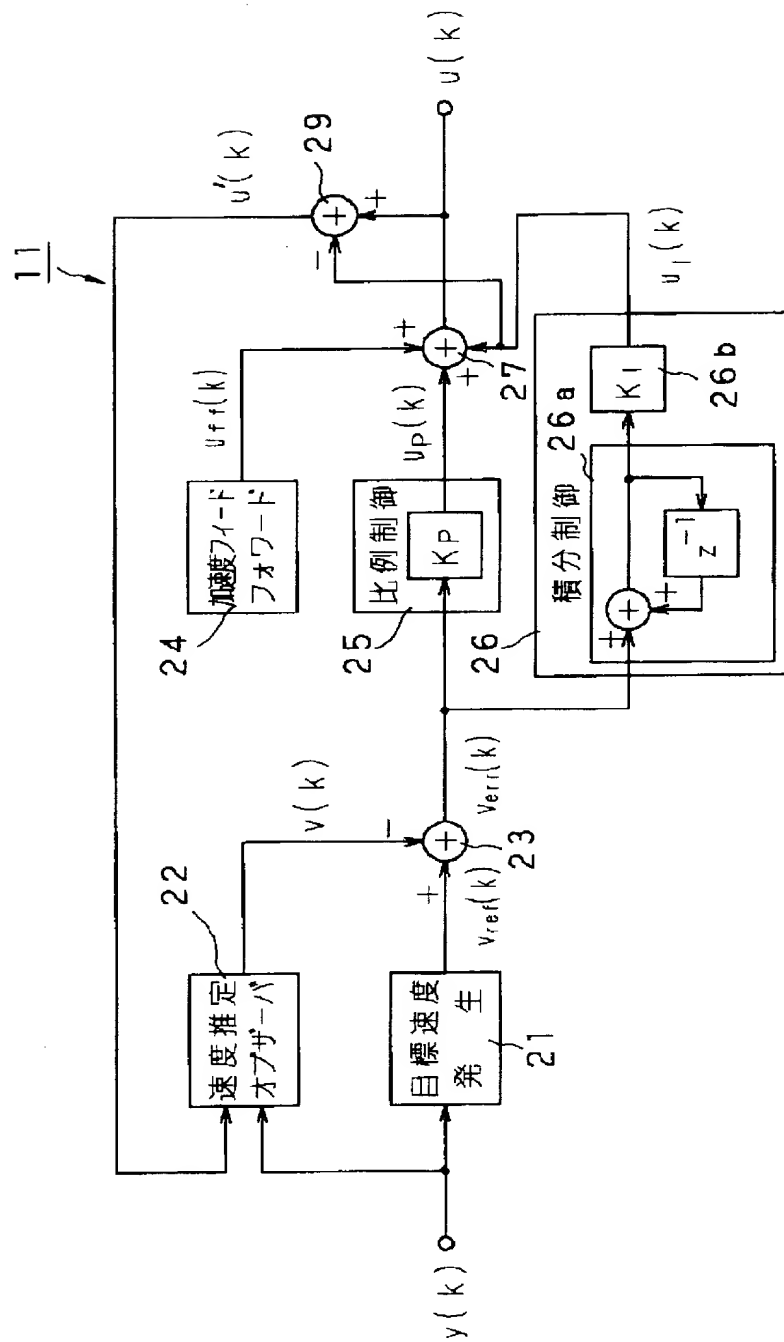
【図4】



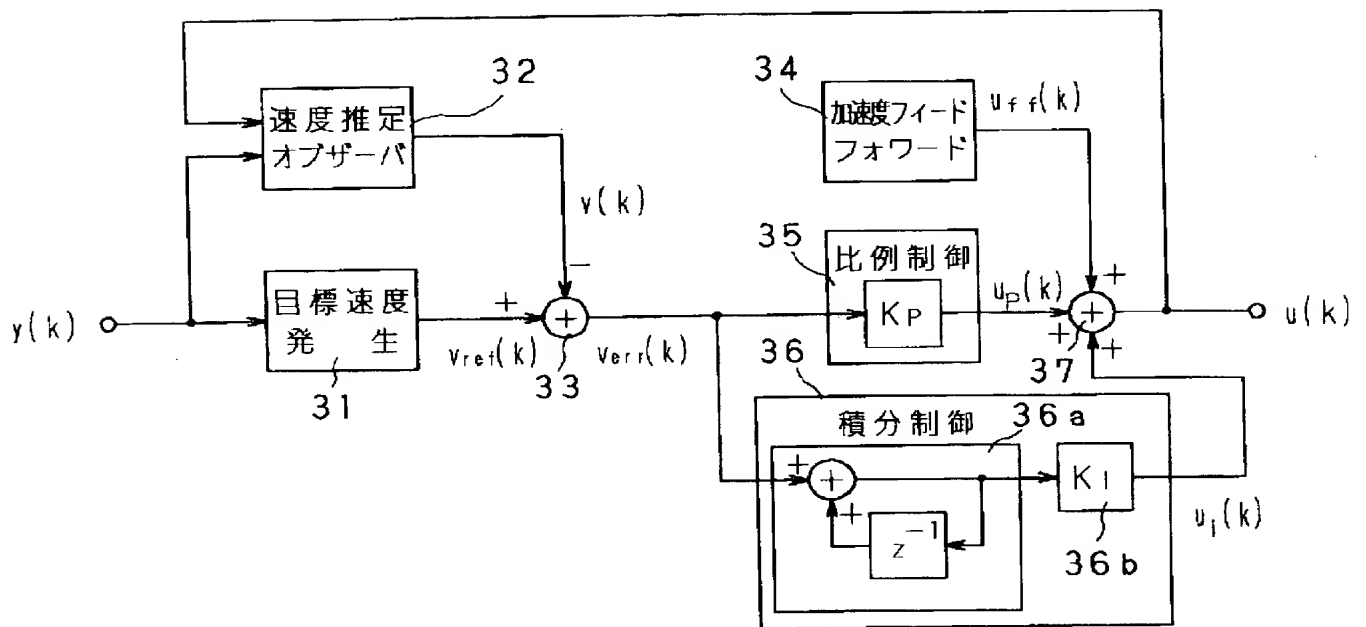
【図6】



【図5】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**